

Nº5 · 1º semestre de 2010 · ano 3 · ISSN: 1647-5496



# NEUTRO À TERRA

Revista Técnico-Científica [Nº5] Junho de 2010

<http://www.neutroaterra.blogspot.com>

*“A revista Neutro à Terra volta novamente à vossa presença, com novos e interessantes artigos na área da Engenharia Electrotécnica em que nos propomos intervir. Nesta edição da revista merecem particular destaque os assuntos relacionados com as instalações eléctricas, a domótica, a utilização eficiente da energia eléctrica, particularmente no caso da força motriz, as telecomunicações e as energias renováveis.*

*Doutor Beleza Carvalho*

**Instalações  
Eléctricas**  
Pág.7



**Máquinas  
Eléctricas**  
Pág. 21



**Telecomunicações**  
Pág. 35



**Segurança**  
Pág. 41



**Energias  
Renováveis**  
Pág. 45



**Domótica**  
Pág.51



**Eficiência  
Energética**  
Pág. 63

## EDITORIAL

Doutor José António Beleza Carvalho  
Instituto Superior de Engenharia do Porto

## ARTIGOS TÉCNICOS

- |    |   |
|----|---|
| 07 | Fases de Realização e Tipos de Projectos de Instalações Eléctricas<br>Engº Henrique Jorge de Jesus Ribeiro da Silva<br>Engº António Augusto Araújo Gomes<br>Instituto Superior de Engenharia do Porto |
| 15 | Técnicas de Manutenção em Linhas de Transmissão de Energia<br>Arlindo Francisco<br>Hugo Sousa<br>Doutora Teresa Alexandra Ferreira Mourão Pinto Nogueira<br>Instituto Superior de Engenharia do Porto |
| 21 | Accionamentos Eficientes de Força Motriz. Nova Classificação<br>Doutor José António Beleza Carvalho<br>Engº Roque Filipe Mesquita Brandão<br>Instituto Superior de Engenharia do Porto                |
| 29 | Detecção de Avarias em Motores Assíncronos de Indução<br>Engº António Manuel Luzano de Quadros Flores<br>Doutor José António Beleza Carvalho<br>Instituto Superior de Engenharia do Porto             |
| 35 | Fibra Óptica: Novas Auto-estradas das Telecomunicações<br>Engº Sérgio Filipe Carvalho Ramos<br>Engº Roque Filipe Mesquita Brandão<br>Instituto Superior de Engenharia do Porto                        |
| 41 | Sistemas de Controlo de Acesso<br>Engº António Augusto Araújo Gomes<br>Instituto Superior de Engenharia do Porto  |
| 45 | Dimensionamento de Centrais Fotovoltaicas para a Micro Produção<br>Engº Roque Filipe Mesquita Brandão<br>Instituto Superior de Engenharia do Porto  |
| 51 | A Criação de Valor no Binómio: “Casa Inteligente / Consumidor”<br>Engº António Manuel Luzano de Quadros Flores<br>Instituto Superior de Engenharia do Porto   |
| 63 | Optimização Energética em Novos Ascensores<br>Engº José Jacinto Ferreira<br>Engº Miguel Leichsenring Franco<br>Schmitt - Elevadores, Lda  |

## FICHA TÉCNICA

|                       |   |
|-----------------------|---|
| DIRECTOR:             | Doutor José António Beleza Carvalho   |
| SUB-DIRECTORES:       | Engº António Augusto Araújo Gomes<br>Engº Roque Filipe Mesquita Brandão<br>Engº Sérgio Filipe Carvalho Ramos                        |
| PROPRIEDADE:          | Área de Máquinas e Instalações Eléctricas<br>Departamento de Engenharia Electrotécnica<br>Instituto Superior de Engenharia do Porto |
| CONTACTOS:            | jbc@isep.ipp.pt ; aag@isep.ipp.pt   |
| PUBLICAÇÃO SEMESTRAL: | ISSN: 1647-5496   |

Caros leitores

A revista “Neutro à Terra” volta novamente à vossa presença, com novos e interessantes artigos na área da Engenharia Electrotécnica em que nos propomos intervir. Nesta edição da revista merecem particular destaque os assuntos relacionados com as instalações eléctricas, a domótica, a utilização eficiente da energia eléctrica, particularmente no caso da força motriz, as telecomunicações e as energias renováveis.

A elaboração de um projecto de instalações eléctricas é uma actividade complexa e exigente, não só pela diversidade de áreas que estão envolvidas, mas também pelo número de intervenientes no mesmo. As Instruções para a Elaboração de Projectos de Obras, anexas à portaria no 701-H/2008, de 29 de Julho, ao sistematizarem a sua abordagem introduziram no processo um mecanismo de regulação que constitui uma mais-valia sensível para a actividade de projectista. Nesta publicação, apresenta-se um artigo que faz uma incursão nos aspectos das Instruções para a Elaboração, e revêem-se alguns princípios formais da estruturação do projecto de licenciamento.

Outro assunto de grande interesse apresentado nesta publicação tem a ver com a manutenção das linhas de transporte e distribuição de energia eléctrica. Indicadores como o tempo e número de intervenções para restabelecer as condições normais de funcionamento são reveladores da qualidade de serviço prestado por essas empresas que, no caso de incumprimento das regras estabelecidas no Regulamento da Qualidade de Serviço, podem implicar em elevados prejuízos. No artigo que é apresentado descreve-se a aplicação de duas técnicas modernas na manutenção das linhas eléctricas que, além de incrementarem a segurança e a fiabilidade do sistema eléctrico, garantem uma melhoria dos dados quantitativos fornecidos às equipas de manutenção.

Nos últimos anos, muitos fabricantes de motores investiram fortemente na pesquisa e desenvolvimento de novos produtos com o objectivo de colocarem no mercado motores mais eficientes. A União Europeia, através do organismo EU MEPS (*European Minimum Energy Performance Standard*) definiu um novo regime obrigatório para os níveis mínimos de eficiência dos motores eléctricos que sejam introduzidos no mercado europeu. O novo regime abrange motores de indução trifásica até 375 kW, de velocidade simples. Entrará em vigor em três fases a partir de meados de 2011. Nesta publicação, apresenta-se um artigo que aborda a nova classificação que será adoptada para os equipamentos de força motriz.

Outro importante assunto apresentado nesta publicação tem a ver com a automatização das instalações habitacionais ou domésticas. Neste sector, cada vez mais, são colocadas exigências em termos de conforto na utilização dos equipamentos eléctricos e uma utilização cada vez mais eficiente da energia eléctrica, impondo a necessidade de edifícios “inteligentes”. O artigo que é apresentado refere um estudo desenvolvido com o objectivo entender a criação de valor no binómio casa inteligente/consumidor, esperando contribuir para um novo equilíbrio procura/oferta de forma que uma casa inteligente fique acessível a mais lares portugueses.

Nesta publicação da revista “Neutro à Terra”, pode-se ainda encontrar outros artigos relacionados com assuntos reconhecidamente importantes e actuais, como o dimensionamento de centrais fotovoltaicas para microprodução, um artigo sobre sistemas de controlo de acessos e um artigo sobre a importância da fibra óptica nas actuais infra-estruturas de telecomunicações, quer em edifícios, quer nas urbanizações. Também o artigo sobre optimização energética em ascensores, iniciado na publicação anterior, tem aqui a sua continuação.

Nesta publicação dá-se também destaque à terceira edição das Jornadas Electrotécnicas de Máquinas e Instalações Eléctricas, que decorreram nos dias 29 e 30 de Abril de 2010 no Centro de Congressos do ISEP. Este evento contou com a participação de diversas empresas ligadas às áreas das máquinas eléctricas, sistemas electromecânicos, energias renováveis, veículos eléctricos, segurança, domótica, luminotecnia e infra-estruturas de telecomunicações. Foi organizado pelo Departamento de Engenharia Electrotécnica do ISEP, com os habituais colaboradores desta revista a terem um papel preponderante.

Estando certo que esta edição da revista “Neutro à Terra” vai novamente satisfazer as expectativas dos nossos leitores, apresento os meus cordiais cumprimentos.

Porto, Junho de 2010

José António Beleza Carvalho





## JORNADAS ELECTROTÉCNICAS DE MÁQUINAS E INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

O ISEP tem uma longa e positiva tradição na formação superior da Engenharia, constituindo uma marca de prestígio consolidada em Portugal e reconhecimento no âmbito internacional. Com forte tradição na formação de engenheiros electrotécnicos, o Departamento de Engenharia Electrotécnica (DEE) contribui para o desenvolvimento da excelência técnica e científica, através da formação sólida de profissionais que actuam nesta área e na aposta numa forte ligação às indústrias e ao meio empresarial.



No sentido de promover mais um fórum de contacto e motivado pelo sucesso obtido nos eventos anteriores, este ano o DEE repetiu as Jornadas Electrotécnicas de Máquinas e Instalações Eléctricas, na sua terceira edição. O evento ocorreu nos dias 29 e 30 de Abril de 2010 no Centro de Congressos do ISEP e contou com a participação de diversas empresas ligadas às áreas das máquinas eléctricas, sistemas electromecânicos, energias renováveis, veículos eléctricos, segurança, domótica, luminotecnica e infra-estruturas de telecomunicações.

No primeiro dia do evento foram apresentadas as comunicações das empresas: Energaia, Adene, Vestas, TÜV Rheinland, Goosun, Efacec, Sew-Eurodrive, EMEF, ABB, Schmitt–Elevadores, Anacom, Amisfera e a Televés. No segundo dia ocorreram as apresentações das empresas: Only, Schréder, Lutron, Batalhão de Sapadores Bombeiros, Síncrono, Longo Plano, Spectrolux, OHM-E, Astratec, Efacec, Legrand, Schneider Electric, APMI e Casais Energia.

Estiveram presentes personagens com um curriculum relevante na área da engenharia electrotécnica.

O evento contou com a apresentação do Eng.º Vilela Pinto, que entre outras actividades diferenciadas na sociedade, é autor de bibliografia relevante e reconhecida na área das instalações eléctricas. Esteve também presente o Professor Doutor Borges Gouveia, eminente docente da Universidade de Aveiro, reconhecido pelo seu trabalho na área da inovação e das energias renováveis. Maciel Barbosa (Ordem Engenheiros), António Augusto Sequeira Correia (ANET), Paulo Calau (Agência para a Energia), Nuno Francisco Costa (EFACEC) e Jorge Miranda (Autoridade Nacional de Comunicações) foram outros dos nossos oradores convidados.



Para além das usuais comunicações, a 3ª edição das Jornadas Electrotécnicas proporcionou aos convidados a visita a uma vasta exposição e demonstração de equipamento, com oportunidade para apresentação das soluções inovadoras, inseridas nos *coffee-breaks*.



Através da apresentação de comunicações orais e a exposição de equipamentos, o evento proporcionou a troca de conhecimento e experiência de profissionais da engenharia electrotécnica como empresários, técnicos, professores, investigadores e alunos. Com o objectivo de promover a divulgação de temas relacionados com as Máquinas e Instalações Eléctricas, devidamente enquadrados na problemática actual das energias renováveis e a utilização racional de energia, foram discutidos assuntos relacionados com política energética, sistemas electromecânicos, segurança e domótica, luminotecnia, veículos eléctricos e infra-estruturas de telecomunicações.

Deste modo, os dois dias do evento serviram para ajudar a compreender os últimos avanços tecnológicos, mas serviu igualmente para relembrar mais-valias das parcerias académicas-empresariais para o desenvolvimento de soluções inovadoras.



Em virtude do interesse desta temática, alvo de um rápido desenvolvimento e de necessidade de constante inovação, o DEE disponibiliza a informação apresentada no evento em: [www.dee.isep.ipp.pt/~see/jornadas2010](http://www.dee.isep.ipp.pt/~see/jornadas2010)

### Patrocinadores:



Contamos convosco na quarta edição das Jornadas Electrotécnicas.

ThyssenKrupp





*O que os profissionais procuram:*

*mais conhecimento, mais inovação.*





## DETECÇÃO DE AVARIAS EM MOTORES ASSÍNCRONOS DE INDUÇÃO

### RESUMO

*O motor assíncrono de indução é, de facto, a máquina actualmente preferida para a grande maioria dos accionamentos, graças à sua fiabilidade, robustez e baixo custo. Dado que ocupa um lugar preponderante no processo produtivo têm-se desenvolvido diversos métodos de detecção de avarias que permitem diagnosticar qualquer tipo de defeito e quantificar o seu grau de severidade.*

### 1 INTRODUÇÃO

Quando se aborda a temática do diagnóstico de avarias dos motores de indução não podemos deixar de ter presente que a forma de tratar o assunto está intimamente ligada à dimensão da máquina, à sua localização e à função que desempenha no processo em que está inserida.

Assim, como é óbvio, os custos de paragem de um motor de grande dimensão podem justificar a existência dos meios de diagnóstico mais sofisticados, no sentido de evitar a interrupção de serviço.

Por outro lado, motores de menor dimensão podem também desempenhar um papel tal que a sua interrupção pode ter custos elevadíssimos de reinicialização do processo, como por exemplo, no caso de linhas de produção em que o processo inclui accionamentos que estão relacionados com a formação e solidificação da alma condutora dos cabos eléctricos. Se houver uma paragem súbita o metal solidifica ao longo do processo sendo necessário desmontar todo um sistema complexo levando à perda de produção de várias horas ou dias.

A acessibilidade pode ser o factor determinante na estratégia de diagnóstico, como é o caso de ventiladores em condutas, bombas submersíveis ou máquinas em ambientes perigosos.

O método de diagnóstico a implementar depende também do facto da máquina ter parado por avaria ou continuar em funcionamento.

### 2 CASO EM QUE A AVARIA PROVOCA PARAGEM DO MOTOR

Quando a avaria leva à paragem do motor o diagnóstico deve atender às especificidades de acessibilidade e dimensão numa primeira fase.

Não é demais lembrar, que o primeiro passo numa situação de paragem de um motor, deve iniciar não, pela análise do motor, como parece lógico, mas pela análise das grandezas de alimentação do mesmo e do bom estado das protecções eléctricas, fusíveis e relé térmico.

De seguida devem ser levados a cabo testes eléctricos e mecânicos fundamentais:

- Verificação dos valores das resistências dos enrolamentos que deverão apresentar valores semelhantes nas três fases; medição da resistência de isolamento entre enrolamentos e entre os enrolamentos e a carcaça da máquina.
- Os resultados destes testes podem dar indicações úteis relativamente à existência de curto-circuitos entre espiras e entre espiras e a massa. Além disso, testa também a possibilidade do circuito eléctrico de um enrolamento estar interrompido.
- No caso do veio do rotor estar acessível, rodá-lo para verificar se existe atrito anormal ou demasiada prisão, analisando-se assim, se o rotor atrita no estator, se a carga oferece demasiado binário resistivo e se os enrolamentos estão gripados.

Além dos testes acima descritos, não é de desprezar a verificação da existência de “cheiro a queimado” junto ao motor que pode indicar um sobreaquecimento da máquina com consequente deteriorização dos isolamentos nomeadamente dos vernizes utilizados.

### 3 CASO EM QUE A AVARIA NÃO PROVOCA PARAGEM DO MOTOR

A avaria que não obriga à paragem do motor pode manifestar-se de diversas formas como aumento de temperatura, perda de potência, binário ou velocidade oscilantes, aumento de consumo, ruído, vibração, etc..

Nesse caso, os métodos indirectos de diagnóstico podem ser úteis na identificação do tipo de avaria podendo mesmo constituir um meio de acompanhamento da sua evolução, controlando o nível de severidade até ser possível uma interrupção programada para reparação.

Para esse efeito, têm sido desenvolvidos vários métodos que recorrem à monitorização de diversas grandezas associadas ao funcionamento do motor, como por exemplo, a intensidade de corrente de alimentação, o fluxo magnético, as vibrações, o ruído, o binário, a velocidade e a temperatura.

Seguidamente serão apresentados alguns métodos de diagnóstico mais utilizados na pesquisa de avarias eléctricas no estator e no rotor, assim como de avarias mecânicas no rotor, nos rolamentos e na carga mecânica acoplada.

#### 3.1 DIAGNÓSTICO DE AVARIAS ELÉCTRICAS

##### 3.1.1 AVARIAS NO ESTATOR

A detecção de espiras em curto-circuito nos enrolamentos do estator pode ser feita por análise das correntes de alimentação do motor representadas a duas dimensões a partir da mudança de referencial do sistema trifásico para o sistema de coordenadas P Q através da transformada de Park.

As componentes do vector de Park  $i_D$  e  $i_Q$  podem ser obtidas das correntes de alimentação  $i_1$ ,  $i_2$  e  $i_3$  a partir das seguintes expressões:

$$i_D = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \cdot i_1 - \frac{1}{\sqrt{6}} \cdot i_2 - \frac{1}{\sqrt{6}} \cdot i_3 \quad (1)$$

$$i_Q = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot i_2 - \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot i_3 \quad (2)$$

No caso de um sistema de alimentação ideal com cargas equilibradas, obtêm-se a representação no plano XY de uma

figura de Lissajou em forma de circunferência dada pelas componentes do vector de Park simplificadas:

$$i_D = \frac{\sqrt{6}}{2} \cdot i_M \cdot \sin(\omega t) \quad (3)$$

$$i_Q = \frac{\sqrt{6}}{2} \cdot i_M \cdot \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \quad (4)$$

Sendo  $i_M$  o valor máximo da corrente por fase (A),  $\omega$  a frequência angular (rad/s) e  $t$  a variável tempo (s).

A representação XY das componentes do Vector de Park permite detectar a existência de espiras em curto-circuito nos enrolamentos do estator (Fig. 1).

Este método de diagnóstico “on-line” baseia-se no aparecimento de uma forma elíptica da representação XY das componentes do Vector de Park da corrente do motor, cujo alongamento elíptico é proporcional ao grau de severidade da avaria e a orientação do eixo maior está associada à fase avariada [1].

É de referir que a representação das componentes do vector de Park da corrente de alimentação do motor sem avaria (Fig. 1 – esquerda), não é uma circunferência perfeita devido à existência de harmónicos na rede.

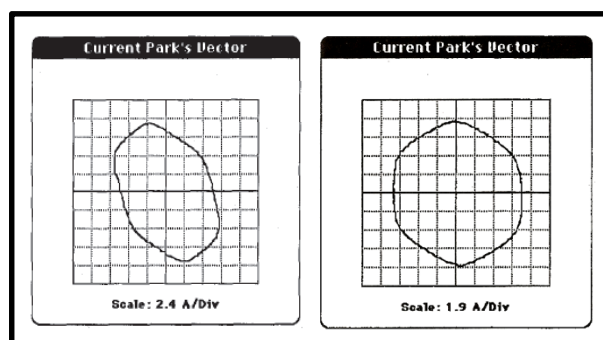


Figura 1- Vector de Park da corrente de alimentação de um motor: sem avaria (esquerda) e com curto-circuito de 18 espiras do estator (direita) [1]

##### 3.1.2 AVARIAS NO ROTOR

###### 3.1.2.1 MÉTODO DAS COMPONENTES ESPECTRAIS DA CORRENTE

A detecção de barras do rotor partidas ou fissuradas pode ser feita através da inspecção das componentes espectrais da corrente absorvida pelo motor [2] nas seguintes frequências:

$$f_{ss} = (1 \pm 2s) \cdot f \quad (5)$$



Sendo  $f_{sb}$  a frequência (Hz) das bandas laterais resultantes da avaria no rotor,  $s$  o deslizamento (%) e  $f$  a frequência da tensão de alimentação (50 Hz).

Na Figura 2 é fácil identificar o aparecimento de bandas laterais que surgem nas frequências características correspondentes à ruptura de espiras (“barras”) do circuito rotórico.



Figura 2 – Espectro de frequências da corrente absorvida pelo motor mostrando claramente a existência de bandas laterais que indiciam uma avaria nas barras do rotor [2]

### 3.1.2.2 MÉTODO DAS COMPONENTES ESPECTRAIS DO FLUXO DE FUGAS

A aquisição de dados do campo magnético de fugas com vista à análise do seu espectro pode ser feita facilmente colocando sensores de campo magnético no exterior da máquina como mostra a Figura 3.

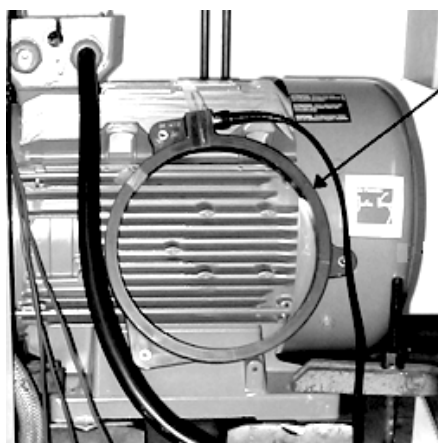


Figura 3 – Detecção de defeito no circuito rotórico através da medição do fluxo magnético: motor com transdutor de fluxo magnético [3]

O defeito devido a barras do rotor defeituosas também pode ser detectado por identificação de determinadas frequências no espectro do campo magnético de fugas medido no exterior da máquina (Figura 4) [3]

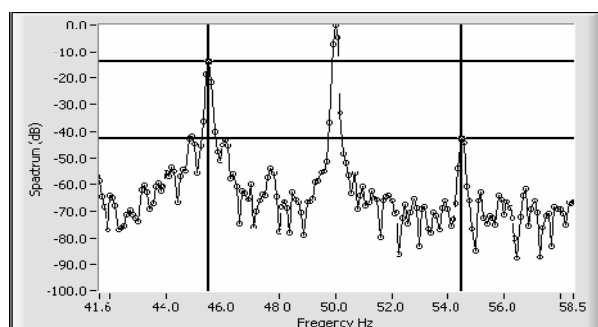


Figura 4 – Detecção de defeito no circuito rotórico através da medição do fluxo magnético: espectro de frequências do campo magnético de fugas [3]

## 3.2 DIAGNÓSTICO DE AVARIAS MECÂNICAS

### 3.2.1 DEFEITO DE ALINHAMENTO

O defeito de alinhamento do rotor traduz-se no facto da folga entre o rotor e o estator (“entreferro”) não ser constante ao longo de toda a periferia do rotor, originando variações da relutância do circuito magnético com a rotação do rotor e consequente formação de harmónicos na força magnetomotriz.

Daí resulta o aparecimento de frequências típicas deste fenómeno no espectro do fluxo de fugas do motor, como evidencia a Figura 5, que servem de meio de diagnóstico deste defeito [4].

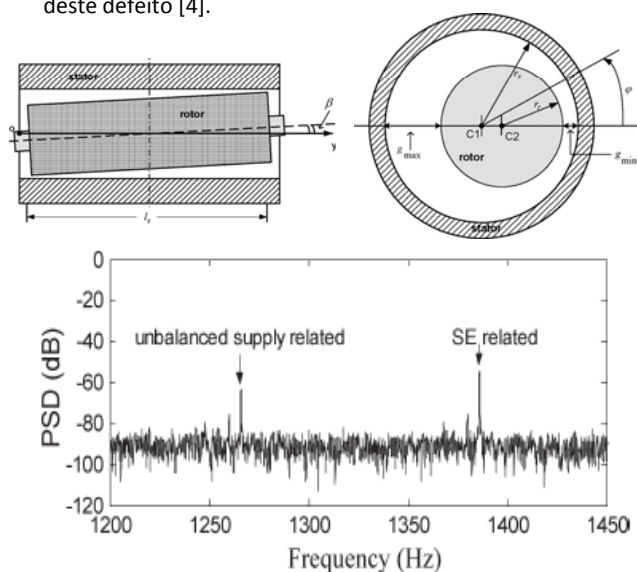


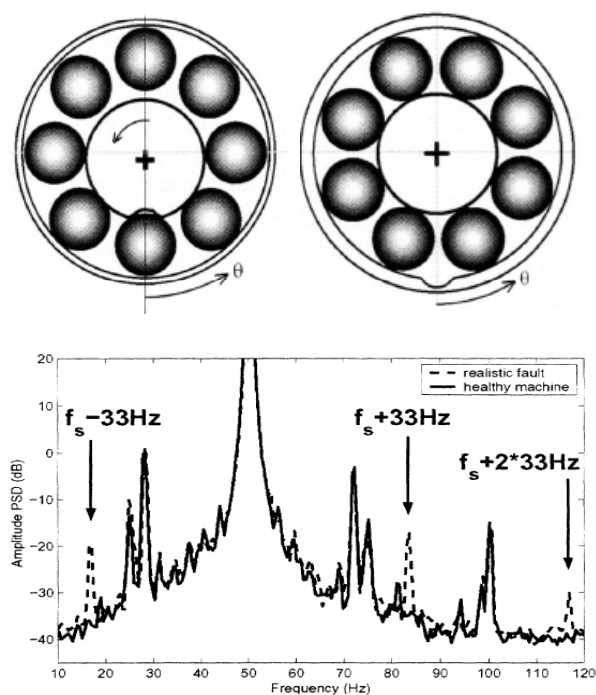
Figura 5 – Detecção de defeito de alinhamento do rotor: defeito de alinhamento longitudinal (figura esquerda em cima); desalinhamento axial (figura direita em cima); espectro de frequências da corrente de alimentação revelando o defeito de alinhamento do rotor, excentricidade estática (“SE”) (figura em baixo) [4].

### 3.2.2 DEFEITOS NOS ROLAMENTOS

Sendo os rolamentos a causa referenciada que provoca maior taxa de avarias no motor de indução, têm-se desenvolvido diversas técnicas de detecção deste tipo de defeito recorrendo a diferentes métodos de análise espectral da corrente de alimentação e de vibrações mecânicas.

Os defeitos nos rolamentos podem ser detectados a partir da análise do espectro de frequências da corrente do motor como evidencia a Figura 6.

Também neste caso surgem novas frequências que evidenciam a existência de defeito nos rolamentos assim como o seu nível de severidade [5].



**Figura 6 – Avarias nos rolamentos e sua detecção: defeito no anel interior (figura esquerda em cima); defeito no anel exterior (figura direita em cima); decomposição em frequências da corrente de alimentação do motor mostrando o espectro no caso de um motor saudável e no caso de existir um defeito nos rolamentos (figura em baixo) [5].**

### 3.2.3 DEFEITOS NA CARGA ACCIONADA

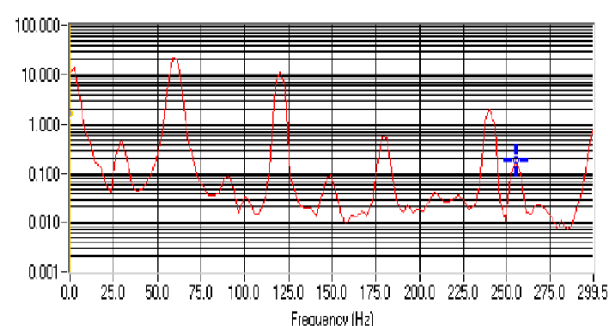
A Figura 7 apresenta o caso da aplicação de acelerómetros para aquisição de dados de vibração de um ventilador.

A análise das componentes espectrais de vibração e de binário (Figura 8) pode ser um meio complementar de apoio ao diagnóstico de um sistema electromecânico do qual se

conhece a sua composição em funcionamento normal [6].



**Figura 7 – Utilização de acelerómetros para aquisição de dados de vibração de um ventilador [6]**



**Figura 8 – Amplitude das componentes espectrais do binário (Nm) para o caso do mesmo ventilador [6]**

A monitorização do valor eficaz da corrente de alimentação do motor de um elevador pode fornecer indicações úteis relativamente a variações de carga que indiciam a existência de defeitos nas partes mecânicas accionadas.

O caso apresentado na Figura 9 e 10 ilustra a detecção de um defeito existente nos dentes da roda dentada de um redutor do tipo “sem fim” [7].



**Figura 9 – Detecção de defeitos nas rodas dentadas do redutor de um elevador: motor de elevador com redutor de velocidade acoplado (esquerda); roda dentada do redutor (direita) com dente defeituoso [7]**

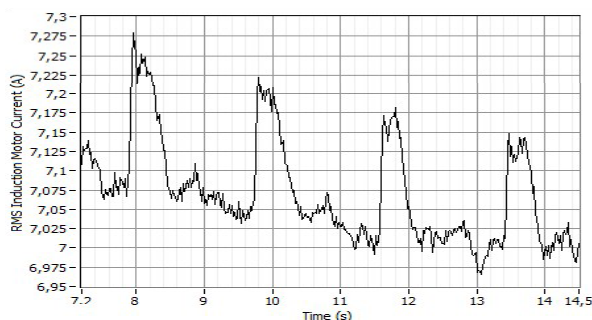


Figura 10 – Valor eficaz da corrente de alimentação do motor [7]

#### 4 CONCLUSÕES

Apesar do motor de indução ser considerado uma máquina robusta e muito fiável está sujeito a diversos tipos de avarias causadas principalmente pelo envelhecimento, desgaste e fadiga mecânica dos materiais.

Dado o seu importante papel, muitos trabalhos de investigação têm sido feitos oferecendo metodologias para um diagnóstico cada vez mais eficiente.

A aplicação destas técnicas em ambiente fabril tem as suas limitações devido a diversos factores, como por exemplo, a existência de poluição harmónica proveniente de outras máquinas e a falta de registos históricos das componentes espectrais.

As ferramentas de diagnóstico apresentadas não são invasivas e podem ser aplicadas durante o funcionamento normal, contribuindo para uma manutenção preventiva eficiente através da monitorização regular do motor.

Além disso, se criteriosamente utilizadas, constituem uma mais-valia, melhorando a eficiência da equipa de manutenção e minimizando os custos de indisponibilidade e de interrupção.

Assim, para além da sua função principal de fornecer energia mecânica à carga, o motor de indução pode desempenhar um segundo papel, como transdutor eficaz e permanentemente ligado, ajudando a detectar avarias no seu interior e também na carga mecânica a ele acoplada.

#### Bibliografia

- [1] A. J. Marques Cardoso, S. M. A. Cruz, D. S. B. Fonseca, "Inter-turn stator winding fault diagnosis in three-phase induction motors, by Park's vector approach", IEEE Transactions on Energy Conversion, vol. 14, pp. 595-598, 1999.
- [2] G. G. Acosta, C. J. Verucchi, E. R. Gelso, "A current monitoring system for diagnosing electrical failures in induction motors", Mechanical Systems and Signal Processing, vol. 20, pp. 953-965, 2006.
- [3] A. Yazidi, H. Henao, G. A. Capolino, "Broken rotor bars fault detection in squirrel cage induction machines", IEEE International Conference on Electric Machines and Drives, 2005, pp. 741-747.
- [4] L. Xiaodong, W. Qing, S. Nandi, "Performance analysis of a three-phase induction machine with inclined static eccentricity", IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 43, pp. 531-541, 2007.
- [5] M. Blodt, P. Granjon, B. Raison, G. Rostaing, "Models for bearing damage detection in induction motors using stator current monitoring," IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 2004, pp. 383-388 vol. 1.
- [6] E. Wiedenbrug, D. Doan, "Comparison of duct-mounted vibration and instantaneous airgap torque signals for predictive maintenance of vane axial fans", International Conference on Measurement and Control, 2004, pp. 209-213.
- [7] A. Q. Flores, A. J. M. Cardoso, J. B. Carvalho, "The induction motor as a mechanical fault sensor in elevator systems " apresentado na conferência "11CHLIE", 11ª. Conferencia Hispano-Lusa de Ingeniería Eléctrica, Saragoça, Espana, 2009.





# SPECTROLUX

●●● ILUMINAÇÃO, S.A.

LIGHT YOUR DREAMS

Z. I. de Taboeira, PARKAMADO - Apt.: 3093 - 3800-055 AVEIRO | Telf.: +351 234 302 130 Fax: +351 234 302 139 | E-mail: [spectrolux@spectrolux.pt](mailto:spectrolux@spectrolux.pt)

[WWW.SPECTROLUX.PT](http://WWW.SPECTROLUX.PT)





## COLABORARAM NESTA EDIÇÃO:



**António Augusto Araújo Gomes**

(aag@isep.ipp.pt)

Mestre (pré-bolonha) em Engenharia Electrotécnica e Computadores, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.  
Doutorando na Área Científica de Sistemas Eléctricos de Energia (UTAD).  
Docente do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 1999.  
Coordenador de Obras na CERBERUS - Engenharia de Segurança, entre 1997 e 1999.  
Prestação, para diversas empresas, de serviços de projecto de instalações eléctricas, telecomunicações e segurança, formação, assessoria e consultadoria técnica.  
Investigador do GECAD (Grupo de Investigação em Engenharia do Conhecimento e Apoio à Decisão), do ISEP, desde 1999.



**António Manuel Luzano de Quadros Flores**

(aqf@isep.ipp.pt)

Mestre em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, na Área Científica de Produção Transporte e Distribuição de Energia pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto; "M.B.A." em Gestão na Escola de Gestão do Porto da Universidade do Porto.  
Aluno de doutoramento na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.  
Docente do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 1993  
Desenvolveu actividade profissional na SOLIDAL no controlo de qualidade e manutenção, na EFACEC na área comercial de exportação de máquinas eléctricas, na British United Shoe Machinery na área de manutenção, na ALCATEL-Austrália na área de manutenção, na ELECTROEXPRESS, em Sidney, na área de manutenção e instalações eléctricas.  
Bolseiro da F.C.T., Fundação para a Ciência e Tecnologia desde 2008.



**Arlindo Ferreira Francisco**

(1060991@isep.ipp.pt)

Finalista do curso de Engenharia Electrotécnica, área Científica de Sistemas Eléctricos de Energia, no Instituto Superior Engenharia do Porto.  
Colaborador na empresa Grohe-Portugal (Fábrica de Componentes Sanitários em Albergaria-a-Velha) desde 1998, desempenhando funções na área da Manutenção e Projectos Especiais.  
Larga experiência na área de Automação e Controlo.  
Recentemente a desenvolver projecto sobre Gestão de Energia.



**Henrique Jorge de Jesus Ribeiro da Silva**

(hjs@isep.ipp.pt)

Licenciado em Engenharia Electrotécnica, em 1979, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, opção de Produção, Transporte e Distribuição de Energia.  
Diploma de Estudos Avançados em Informática e Electrónica Industrial pela Universidade do Minho. Mestre em Ciências na área da Electrónica Industrial.  
Professor Adjunto Equiparado do ISEP, leccionando na área da Teoria da Electricidade e Instalações Eléctricas.



**Hugo Miguel Ferreira de Sousa**

(1060992@isep.ipp.pt)

Finalista do curso de Engenharia Electrotécnica, Sistemas Eléctricos de Energia, no instituto superior de Engenharia do Porto.  
A desempenhar funções como Técnico de Manutenção Industrial, na empresa Socitrel – Sociedade Industrial de Trefilaria S.A., desde 1997.



**José António Beleza Carvalho**

(jbc@isep.ipp.pt)

Nasceu no Porto em 1959. Obteve o grau de B.Sc em engenharia electrotécnica no Instituto Superior de Engenharia do Porto, em 1986, e o grau de M.Sc e Ph.D. em engenharia electrotécnica na especialidade de sistemas de energia na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, em 1993 e 1999, respectivamente.  
Actualmente, é Professor Coordenador no Departamento de Engenharia Electrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto, desempenhando as funções de Director do Departamento.



## COLABORARAM NESTA EDIÇÃO:



**José Jacinto Gonçalves Ferreira**

**(jacintoferreira@googlemail.com)**

Engenheiro Electrotécnico na Área de Sistemas Eléctricos de Energia, pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Chefe de Serviço Após-Venda na Schmitt - Elevadores, Lda



**Miguel Leichsenring Franco**

**(m.franco@schmitt-elevadores.com)**

Miguel Leichsenring Franco, licenciado em Engenharia Electrotécnica – Sistemas Eléctricos de Energia, pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Master in Business Administration (MBA) com especialização em Marketing pela Universidade Católica Portuguesa – Lisboa.

Licenciado em Administração e Gestão de Empresas pela Universidade Católica Portuguesa – Porto.

Administrador da Schmitt-Elevadores, Lda.



**Roque Filipe Mesquita Brandão**

**(rfb@isep.ipp.pt)**

Mestre em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, na Área Científica de Sistemas Eléctricos de Energia, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Aluno de doutoramento em Engenharia Electrotécnica e de Computadores na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Investigador do INESC Porto, Laboratório Associado. Bolseiro da FCT.

Desde 2001 é docente no Departamento de Engenharia Electrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Consultor técnico de alguns organismos públicos na área da electrotecnia.



**Sérgio Filipe Carvalho Ramos**

**(scr@isep.ipp.pt)**

Mestre em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, na Área Científica de Sistemas Eléctricos de Energia, pelo Instituto Superior Técnico de Lisboa.

Aluno de doutoramento em Engenharia Electrotécnica e de Computadores no Instituto Superior Técnico de Lisboa.

Docente do Departamento de Engenharia Electrotécnica do curso de Sistemas Eléctricos de Energia do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 2001.

Prestação, para diversas empresas, de serviços de projecto de instalações eléctricas, telecomunicações e segurança, formação, assessoria e consultoria técnica.

Investigador do GECAD (Grupo de Investigação em Engenharia do Conhecimento e Apoio à Decisão), do ISEP, desde 2002.



**Teresa Alexandra Ferreira Mourão Pinto Nogueira**

**(tan@isep.ipp.pt)**

Licenciatura e mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, área científica de Sistemas de Energia, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Doutoramento em Engenharia Electrotécnica e Computadores, pela Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

Docente do Departamento de Engenharia Electrotécnica, curso de Sistemas Eléctricos de Energia do ISEP – Instituto Superior de Engenharia do Porto. Investigadora no GECAD – Grupo de Investigação em Engenharia do Conhecimento e Apoio à Decisão, desde 2003.

O percurso profissional inclui o dimensionamento e projecto de transformadores de distribuição – EFACEC, empresa fabril de máquinas eléctricas.

Subdirectora no Departamento de Engenharia Electrotécnica no ISEP.

